

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
20. Juni 2002 (20.06.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/47931 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B60K 6/04

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/03688

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TUMBACK, Stefan [DE/DE]; Linzer Strasse 51, 70469 Stuttgart (DE).  
SCHNELLE, Klaus-Peter [DE/DE]; Knielstrasse 28, 71254 Ditzingen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
25. September 2001 (25.09.2001)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 62 556.8 15. Dezember 2000 (15.12.2000) DE

Veröffentlicht:

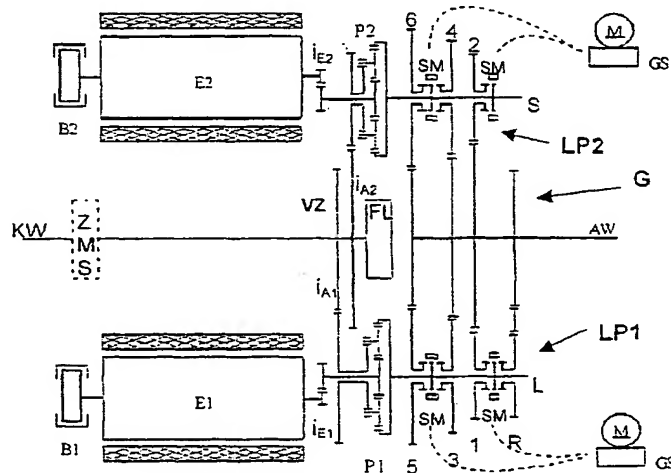
— mit internationalem Recherchenbericht

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHODS FOR OPERATING A MOTOR VEHICLE DRIVEN BY AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND BY TWO ELECTRIC MACHINES

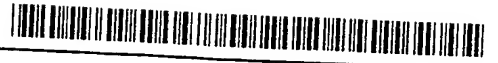
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES VON EINEM VERBRENNUNGSMOTOR UND ZWEI ELEKTRO-MASCHINEN ANGETRIEBENEN KRAFTFAHRZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to two methods for operating a motor vehicle driven by an internal combustion engine (VM) and by two electric machines (E1, E2). The motor vehicle has a transmission (G) with two power paths (LP1, LP2) that can be controlled independently of one another. Each power path (LP1, LP2) is coupled via a planetary gear system (P1, P2) to one of the electric machines (E1, E2) and to the input shaft (KW) of the transmission (G) and can be coupled to the output shaft (AW) of the transmission (G) via selectable multiplications (1, 2, 3, 4, 5, 6, R). The aim of the invention is to achieve a more efficient operation of the motor vehicle. To this end, the invention provides, in order to reduce gyratory mechanical power flow between both power paths (LP1, LP2), particularly during boost operation or when recuperating braking energy, the multiplication combination (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) is modified or the engine speed is reduced or only one electric machine (E1, E2) is used as a generator. A comfortable operation is additionally achieved in that during the electrical starting, the internal combustion engine (VM) is simultaneously switched on.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/47931 A1



**(57) Zusammenfassung:** Es werden zwei Verfahren zum Betrieb eines von einem Verbrennungsmotor (VM) und von zwei Elektromaschinen (E1, E2) angetriebenen Kraftfahrzeugs vorgeschlagen. Das Kraftfahrzeug hat ein Getriebe (G) mit zwei unabhängig voneinander steuerbaren Leistungspfaden (LP1, LP2). Jeder Leistungspfad (LP1, LP2) ist über jeweils ein Umlaufgetriebe (P1, P2) mit einer der Elektromaschinen (LP1, LP2) und der Eingangswelle (KW) des Getriebes (G) gekoppelt und über schaltbare Übersetzungen (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) mit der Ausgangswelle (AW) des Getriebes (G) koppelbar. Das Kraftfahrzeug soll effizienter betrieben werden können. Dies wird erreicht, indem zur Verminderung von kreisendem mechanischem Leistungsfluß zwischen den beiden Leistungspfaden (LP1, LP2), insbesondere im Boostbetrieb oder bei der Rekuperation von Bremsenergie, die Übersetzungskombination (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) verändert oder die Motordrehzahl gesenkt oder nur eine Elektromaschine (E1, E2) als Generator verwendet wird. Ein komfortablerer Betrieb wird zusätzlich erreicht, indem beim elektrischen Anfahren gleichzeitig der Verbrennungsmotor (VM) gestartet wird.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B60K6/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B60K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 5 935 035 A (SCHMIDT MICHAEL ROLAND) 10. August 1999 (1999-08-10)  Spalte 1, Zeile 56 - Zeile 62 Spalte 2, Zeile 57 - Zeile 59 ----	11  1,4
X A	US 5 558 595 A (SCHMIDT MICHAEL R ET AL) 24. September 1996 (1996-09-24)  Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 4, Zeile 14 Spalte 6, Zeile 34 - Zeile 38 ----	11  1,4
A	DE 199 03 936 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Mai 2000 (2000-05-04) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-12

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. März 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

15/03/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tamme, H-M

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

In as Aktenzeichen  
PCT/DE 01/03688

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5935035	A	10-08-1999	EP 0967103 A2 29-12-1999 JP 2000069611 A 03-03-2000
US 5558595	A	24-09-1996	KEINE
DE 19903936	A	04-05-2000	DE 19903936 A1 04-05-2000 WO 0026053 A1 11-05-2000 EP 1126987 A1 29-08-2001

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Application No

PCT/DE 01/03688

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5935035	A	10-08-1999	EP 0967103 A2 JP 2000069611 A	29-12-1999 03-03-2000
US 5558595	A	24-09-1996	NONE	
DE 19903936	A	04-05-2000	DE 19903936 A1 WO 0026053 A1 EP 1126987 A1	04-05-2000 11-05-2000 29-08-2001

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/03688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 B60K6/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B60K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 5 935 035 A (SCHMIDT MICHAEL ROLAND) 10 August 1999 (1999-08-10)  column 1, line 56 - line 62 column 2, line 57 - line 59 -----	11  1,4
X A	US 5 558 595 A (SCHMIDT MICHAEL R ET AL) 24 September 1996 (1996-09-24)  column 3, line 59 - column 4, line 14 column 6, line 34 - line 38 -----	11  1,4
A	DE 199 03 936 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 May 2000 (2000-05-04) cited in the application the whole document -----	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 March 2002

Date of mailing of the international search report

15/03/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tamme, H-M

Verfahren zum Betrieb eines von einem Verbrennungsmotor und zwei Elektromaschinen angetriebenen Kraftfahrzeugs

Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

Ein derartiges Verfahren ist zum Beispiel aus der DE 199 03 936 A1 bekannt. Bei diesem Verfahren wird ein Kraftfahrzeug zumindest zeitweise von einem Verbrennungsmotor und zumindest zeitweise von mindestens einer von zwei Elektromaschinen angetrieben. Das Kraftfahrzeug weist ein Getriebe auf mit einer Eingangswelle, einer Ausgangswelle und zwei unabhängig voneinander steuerbaren Leistungspfaden. Jeder Leistungspfad ist über jeweils ein Umlaufgetriebe mit einer der beiden Elektromaschinen und der Eingangswelle gekoppelt und über schaltbare Übersetzungen mit der Ausgangswelle koppelbar. Ist in jedem Leistungspfad ein Gang eingelegt, so kann gleichzeitig über beide Leistungspfade Leistung an die Ausgangswelle übertragen werden.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass mit einem mechanisch relativ einfach aufgebauten Getriebe ein guter Wirkungsgrad erzielbar ist. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass ein kreisender mechanischer Leistungsfluß in den Leistungspfaden

entsteht. Außerdem muss beim Anfahren oder beim Starten des Verbrennungsmotors erst noch ein zusätzlicher Gang eingelegt werden, was in diesem Augenblick in dem betreffenden Leistungspfad eine Zugkraftunterbrechung zur Folge hat. Dann muss noch die Motorbremse gelöst werden. Beide Fälle sind mit Verlusten behaftet, wodurch der Wirkungsgrad sinkt.

Aufgabe der Erfindung ist es, das bekannte Verfahren derart weiterzubilden, dass ein effizienterer Betrieb eines Kraftfahrzeuges möglich ist. Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche.

Die erfindungsgemäßen Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen der unabhängigen Ansprüche haben den Vorteil, dass ein gegenüber dem bekannten Verfahren noch effizienterer Betrieb möglich ist, denn einerseits wird ein kreisender mechanischer Leistungsfluß im Getriebe zumindest vermindert; andererseits erfolgt keine Zugkraftunterbrechung durch Einlegen eines Ganges. Die Leistung des Verbrennungsmotors kann bereits beim Anfahren zur Verfügung gestellt werden. Außerdem ist ausgeschlossen, dass beim Einlegen eines Ganges ein Ruckeln des Kraftfahrzeuges entstehen kann. Ferner kann auf eine Motorbremse verzichtet werden.

Zur Erfassung der kreisenden mechanischen Leistung können die vom Verbrennungsmotor und von den Elektromaschinen erzeugten Drehmomente ermittelt und ausgewertet werden. Auch ist es möglich, alternativ hierzu oder zusätzlich die Drehmomente bzw. deren Vorzeichen miteinander zu vergleichen. Diese Erfassung kann auf den aus den Steuergeräten bekannten Daten erfolgen.

Eine besonders einfache Möglichkeit zum Anfahren oder Starten des Verbrennungsmotors ist, bei in beiden Leistungspfaden eingelegten Gängen einfach das Drehmoment



einer Elektromaschine umzukehren oder das Drehmoment der einen Elektromaschine zu erhöhen und das Drehmoment der andere Elektromaschine zu senken. Außerdem erfolgt beim Start des Verbrennungsmotors keine Zugkraftunterbrechung.

Mit zwei auf den Leistungspfaden angeordneten Vorwärtsgängen, die weit auseinander liegen und jeweils in unterschiedlichen Leistungspfaden angeordnet sind, anzufahren, hat den Vorteil, dass bereits bei kleinen Fahrzeuggeschwindigkeiten die Elektromaschinen mit günstiger Drehzahl und gutem Wirkungsgrad betrieben werden. Außerdem wird ein relativ großer Übersetzungsbereich mit dieser Gangkombination abgedeckt und gleichzeitig ein Motorstart aus dem elektrischen Fahrbetrieb heraus ermöglicht. Besonders groß ist der abgedeckte Übersetzungsbereich, wenn mit dem ersten und dem höchsten Gang, insbesondere dem sechsten Gang, angefahren wird.

Wird mit dem in dem einen Leistungspfad angeordneten Rückwärtsgang und dem in dem anderen Leistungspfad angeordneten zweiten Gang angefahren, werden dadurch Schwingungen, insbesondere beim Motorstart, gut gedämpft. Dieser Effekt wird nochmals verbessert, wenn der Betrag der Übersetzung des Rückwärtsganges gleich dem Betrag der Übersetzung des zweiten Ganges ist.

Wenn keine elektrische Energieerzeugung gewünscht wird oder möglich ist, weil zum Beispiel die Batterie voll ist, so wird eine Elektromaschine als Generator betrieben, die die andere - als Motor betriebene - Elektromaschine mit der von ihr erzeugten Energie speist.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Verfahren ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

- Figur 1 eine Ansicht eines Getriebes,
- Figur 2 die Topologie des Getriebes nach Figur 1,
- Figur 3 die Funktion der Basiselemente des Getriebes,
- Figur 4 den Leistungsfluß im Getriebe bei stationärer Fahrt,
- Figur 5 den Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den Gängen R und 2 im Moment des Motorstarts,
- Figur 6 den Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den Gängen R und 2 während dem Motorstart,
- Figur 7 den Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den Gängen 1 und 6 kurz vor dem Motorstart,
- Figur 8 den Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den Gängen 1 und 6 im Moment des Motorstarts,
- Figur 9 den Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den Gängen 1 und 6 während dem Motorstart,
- Figur 10 den Leistungsfluß im Stationärbetrieb mit den Gängen 1 und 6,
- Figur 11 den Leistungsfluß beim Anfahren ohne Batteriespeisung,
- Figur 12 den Leistungsfluß kurz nach dem Anfahren ohne Batteriespeisung,
- Figur 13 den Leistungsfluß bei der Rekuperation von Bremsenergie mit Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors,
- Figur 14 den Leistungsfluß bei der Rekuperation von Bremsenergie mit Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors und kreisendem Leistungsfluß,
- Figur 15 den Leistungsfluß bei der Rekuperation von Bremsenergie ohne Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors,
- Figur 16 den Leistungsfluß bei der Rekuperation von

- Figur 17      Bremsenergie ohne kreisenden Leistungsfluß,  
den Leistungsfluß im Boostbetrieb mit  
kreisendem Leistungsfluß und  
Figur 18      den Leistungsfluß im Boostbetrieb ohne  
kreisenden Leistungsfluß.

In der Figur 1 ist ein Teil des Antriebsstrangs, insbesondere ein Getriebe G, eines Kraftfahrzeuges dargestellt, wie es bereits aus der DE 199 03 936 A1 bekannt ist. Hierbei werden von einer vom Verbrennungsmotor VM (Figur 2) angetriebenen Kurbelwelle KW bzw. Eingangswelle über ein Zweimassenschwungrad ZMS die Planetenträger zweier Planetengetriebe P1 und P2 über zwei Übersetzungen  $i_{A1}$  und  $i_{A2}$  einer Verzweigung VZ angetrieben. Statt der Planetengetriebe P1 und P2 können auch andere Umlaufgetriebe verwendet werden, wie zum Beispiel Reibrad-Umlaufgetriebe. Planetengetriebe P1, P2 sind aufgrund ihres Wirkungsgrades jedoch geeigneter. Das Zweimassenschwungrad ZMS bewirkt eine Reduktion der Schwingungsanregung des Getriebes G durch den Verbrennungsmotor VM.

Zwei Elektromaschinen E1 und E2 sind mit den Sonnenrädern der entsprechenden Planetengetriebe P1 und P2 über die Übersetzungen  $i_{E1}$  und  $i_{E2}$  verbunden. Die miteinander, zum Beispiel über einen elektrischen Zwischenkreis, und mit der Batterie des Kraftfahrzeuges verbundenen Elektromaschinen E1, E2 sind mit einer Leistungselektronik für einen Vierquadrantenbetrieb ausgerüstet.

Das Getriebe G weist zwei über die Elektromaschinen E1, E2 getrennt steuerbare Leistungspfade LP1, LP2 auf. Diese sind folgendermaßen aufgebaut: Die Hohlräder der Planetengetriebe P1, P2 sind mit zwei Vorgelegewellen S und L verbunden, welche durch Getriebesteller GS betätigte Schiebemuffen SM, wobei die Getriebesteller GS von Motoren M angetrieben

werden, mit Zahnrädern der Gänge R, 1, 3, 5 bzw. 2, 4, 6 verbunden werden können. R ist der Rückwärtsgang, die Gänge 1 bis 6 sind die Gänge für die Vorwärtsfahrt. Die Zahnräder der Gänge 1 bis 6 und R kämmen mit entsprechenden Gegenzahnradern auf der Ausgangswelle AW. Auf jeder Vorgelegewelle S, L ist im Betrieb ein Gang R, 1, 3 oder 5 bzw. 2, 4 oder 6 eingelegt. Die Verteilung des Drehmoments auf die beiden Wellen S, L erfolgt in bekannter Weise durch Ansteuerung der Elektromaschinen E1 und E2.

Natürlich sind auch weitere Anordnungsvarianten der Planetengetriebe P1, P2 denkbar. Exemplarisch sei die Einkopplung der Leistung des Verbrennungsmotors über die jeweiligen Hohlräder bzw. die Auskopplung der Leistung zu den Vorgelegewellen über die jeweiligen Stege genannt.

Aus der vereinfachten Darstellung der Figur 2 geht die Topologie des Getriebes G hervor. Das Getriebe G weist zwei unabhängig voneinander steuerbare Leistungspfade LP1 und LP2 auf, wobei jeder Leistungspfad LP1, LP2 über jeweils ein Umlaufgetriebe (Planetengetriebe P1, P2) mit einer der Elektromaschinen E1, E2 und der Eingangswelle (Kurbelwelle KW) des Getriebes G gekoppelt ist und über schaltbare Übersetzungen (Gänge R und 1 bis 6) mit der Ausgangswelle AW des Getriebes G koppelbar ist, wobei Leistung gleichzeitig über beide Leistungspfade LP1, LP2 übertragbar ist. Die Art der Leistungsübertragung wird vom Verbrennungsmotor VM und von den Elektromaschinen E1, E2 beeinflusst.

Aus den den Figuren 3a bis 3c zugeordneten Pfeilen geht das Moment, die Drehzahl und die Leistung, die proportional dem Produkt aus Moment und Drehzahl ist, bezogen auf die einzelnen Getriebeelemente hervor.

Gemäß der Figur 3a, das die Verzweigung VZ von einer auf zwei Wellen zeigt, geht der Leistungsfluß von einer auf zwei Wellen hervor. Die Verhältnisse der Drehzahlen zueinander bleiben gleich, die Drehmomente teilen sich, wobei die Summe null ergeben muss.

Aus der Figur 3b geht der Leistungsfluß über ein Planetengetriebe P1 oder P2 hervor. Zwei Drehzahlen sind beliebig wählbar, die dritte hängt davon ab, wobei die Drehzahl des Steges ein gewichtetes Mittel der beiden anderen Drehzahlen ist. Alle Drehmomente werden in einem festen Verhältnis aufgeteilt, bzw. stehen in einem festen Verhältnis zueinander, das abhängig von den Zähnezahlen ist.

Die Figur 3c zeigt den Leistungsfluß an einer Übersetzung der Gänge 1 bis 6 oder R. Die Drehzahl und das Drehmoment werden in einem von den Zähnezahlen abhängigen Verhältnis gewandelt, beim Rückwärtsgang R ändert sich zusätzlich die Dreh- und Momentenrichtung. Die übertragene Leistung bleibt als Produkt aus Drehzahl und Moment konstant.

Aus der Figur 4 geht der Leistungsfluß im Getriebe G im stationären Betrieb hervor. Die Leistung fließt vom Verbrennungsmotor VM über die Kurbelwelle KW, teilt sich über die Wellen S und L, über die Gänge 1 bis 6 bzw. R und somit über die beiden Leistungspfade LP1 und LP2 auf und wird auf die Ausgangswelle AW übertragen. Ein kleiner Teil fließt über die Elektromaschinen E1, E2, wobei für das Bordnetz und elektrische Verluste ein Teil abgezweigt wird. Ist eine Elektromaschine E1 oder E2 momentenfrei, stützt die andere das volle Moment ab und die Leistung fließt nur über einen Leistungspfad LP1 bzw. LP2. Dies gilt für beide Leistungspfade LP1, LP2. Alle zwischen diesen beiden Zuständen liegenden Übersetzungen lassen sich stufenlos darstellen.

In der Figur 5 ist der Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den bereits eingelegten Gängen R und 2 im Moment des Motorstarts gezeigt. Das Drehmoment der Elektromaschine E1 der Getriebewelle S im Leistungspfad LP1, bei der der Rückwärtsgang R eingelegt ist, wird erhöht und das der anderen Elektromaschine E2 entsprechend vermindert. Damit bleibt das Drehmoment an der Ausgangswelle AW erhalten. Durch die ungleich verteilten Drehmomente entsteht ein zusätzliches Moment auf die Kurbelwelle KW, das den Verbrennungsmotor VM startet.

In der Figur 6 ist der Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den Gängen R und 2 während des Motorstarts gezeigt. In diesem Moment dreht sich der Verbrennungsmotor bereits, hat aber noch nicht gezündet. Die Elektromaschine E1 hat hierbei eine hohe Leistung aufzubringen, um gleichzeitig das Kraftfahrzeug anzutreiben und den Verbrennungsmotor VM zu starten. Dies gelingt in der Regel beim Warmstart und bei kleinen Abtriebsleistungen. Werden zum Beispiel zum Starten des Verbrennungsmotors VM 5kW benötigt, kann die Elektromaschine E1 bei max. 10kW Kurzzeitleistung noch 5kW zum Abtrieb liefern. Zusätzlich wird zum Beispiel 1kW von der Elektromaschine E2 geliefert, so dass 6kW am Abtrieb möglich sind.

Dieses Verfahren, bei dem unmittelbar nach dem elektrischen Anfahren der Verbrennungsmotor VM gestartet wird, hat den Vorteil, dass bereits während des Startvorgangs des Verbrennungsmotors eine Abtriebsleistung am Rad zur Verfügung steht, die zur Beschleunigung des Fahrzeugs genutzt werden kann. Dies dient insbesondere bei einem Start-Stopp-Betrieb des Fahrzeugs zur Erhöhung des Komforts, da der Fahrer bereits beim Auslösen der Bedingung für den Motorstart anfahren kann. Dass der im einen Leistungspfad

LP1 angeordnete Rückwärtsgang R und der im anderen Leistungspfad LP2 angeordnete 2. Gang eingelegt sind, wirkt sich durch das gegensinnige Drehen der Leistungspfade LP1 und LP2 günstig auf Schwingungen aus. Dieser Effekt wird noch verbessert, wenn der Wert der Übersetzung des Rückwärtsganges gleich dem Wert der Übersetzung des zweiten Ganges, wobei jedoch beide Gänge R und 2 umgekehrte Vorzeichen aufweisen.

Aus der Figur 7 geht der Leistungsfluß beim elektrischen Anfahren mit den bereits eingelegten Gängen 1 und 6 kurz vor dem Motorstart hervor. Beim elektrischen Anfahren mit den Gängen 1 und 6 wirkt die Elektromaschine E1 als Motor. Ihr Drehmoment wird am Planetengetriebe P1 und am Gang 1 zweimal verstärkt. Die zweite Elektromaschine E2 stützt das Reaktionsmoment auf die Kurbelwelle KW ab. Damit ergibt sich ein umgekehrter Leistungsfluß im Leistungspfad LP2, die zweite Elektromaschine E2 wirkt als Generator. Wegen der Übersetzung des 6. Ganges bleiben die Drehzahlen und damit auch die Leistungen in diesem Leistungspfad LP2 gering.

In der Figur 8 ist der Leistungsfluß beim Motorstart gezeigt. Das Fahrzeug fährt hierbei elektrisch mit den Gängen 1 und 6 an. Um den Start des Verbrennungsmotors VM einzuleiten, wird das Momentengleichgewicht zwischen den beiden Elektromaschinen E1, E2 aufgehoben. Das Moment der Elektromaschine E2 wird deutlich erhöht, das der Elektromaschine E1 nur leicht. Damit bleibt das Abtriebsmoment konstant, der Leistungsfluß im Getriebe G erhöht sich und an der Kurbelwelle KW liegt ein Drehmoment an, das zum Motorstart führt.

In der Figur 9 ist der Leistungsfluß kurz nach dem Motorstart zu erkennen. Der Verbrennungsmotor VM hat schon eine Drehzahl, er hat aber noch nicht gezündet. Nun ändern

sich die Drehzahlen und damit der Leistungsfluß erheblich. Die Drehzahl und die motorische Leistung der Elektromaschine E1 nehmen leicht ab, die Elektromaschine E2 ändert ihre Drehrichtung und wechselt vom generatorischen in den motorischen Betrieb. Im Getriebe G kreist Leistung. Gespeist wird der Leistungsfluß aus den beiden Elektromaschinen E1, E2. Senken für die Leistung sind der Verbrennungsmotor VM und die Ausgangswelle AW.

Soll - in Abhängigkeit vom Fahrerwunsch, Fahrzeug- und/oder Umgebungszustand - entweder elektrisch Angefahren und/oder der Verbrennungsmotor VM gestartet werden, so ist also wichtig, dass bei in beiden Leistungspfaden eingelegten Gängen das Drehmoment wenigstens einer Elektromaschine E1, E2 verändert wird. Konkret kann dies so ausgeführt werden, dass Drehmoment bzw. die Richtung des Drehmoments einer Elektromaschine E1, E2 umgekehrt wird oder dass das Drehmoment der einen Elektromaschine E1, E2 erhöht und das Drehmoment der andere Elektromaschine E1, E2 gesenkt wird. Unter bestimmten Umständen ist auch eine unterschiedlich starke Erhöhung beider Drehmomente denkbar. Diese Verfahren haben den Vorteil, dass sie einfach steuerbar sind, da lediglich die Elektromaschinen E1, E2 entsprechend angesteuert werden müssen. Außerdem kann eine Zugkraftunterbrechung in einem der beiden Leistungspfade LP1, LP2 vermieden werden. Dies wirkt sich neben der erhöhten Effizienz auch in einem erhöhten Komfort aus, da das Kraftfahrzeug beim Anfahren weniger zum Ruckeln neigt.

In der Figur 10 ist der Leistungsfluß im stationären Fahrbetrieb mit den Gängen 1 und 6 dargestellt. Nach dem Ende des Startvorgangs hat der Verbrennungsmotor VM gezündet und liefert Drehmoment und Leistung. Es ändern sich die Drehmomente und der Leistungsfluß. Dabei stellt sich unmittelbar und ohne weitere Schaltvorgänge ein typischer



Betriebszustand mit der Gangpaarung 1 und 6 ein. Die Gangpaarung 1 und 6 ist unter anderem gut für kleine Fahrzeuggeschwindigkeiten geeignet. Die Elektromaschinen E1, E2 haben dann günstige Betriebsdrehzahlen. Über die Steuerung des Momentenflusses können stufenlos alle Übersetzungen zwischen dem 1. und dem 6. Gang eingestellt werden. Je nach Anforderung, zum Beispiel bei steigender Fahrzeuggeschwindigkeit oder Last, kann diese Gangkombination zum Beispiel durch 1 und 2, 1 und 4, 3 und 6 oder 5 und 6 ersetzt werden.

Es kommt hierbei also darauf an, dass mit zwei auf den Leistungspfaden LP1, LP2 angeordneten Vorwärtsgängen 1 und 6, die weit auseinander liegen und jeweils in unterschiedlichen Leistungspfaden LP1, LP2 angeordnet sind, elektrisch angefahren wird. Dadurch kann sowohl ein relativ großer Geschwindigkeitsbereich abgedeckt werden als auch ein relativ hohes Startmoment für den Verbrennungsmotor realisiert werden. Dies wird besonders günstig, wenn mit dem 1. und höchsten Gang, insbesondere wie hier dem 6. Gang, angefahren wird.

In der Figur 11 ist der Leistungsfluß beim Anfahren mit Hilfe des Verbrennungsmotors VM ohne Batteriespeisung gezeigt. Dies ist zum Beispiel erforderlich, wenn die Batterie voll geladen ist und nicht weiter belastet werden soll. Hierbei wird eine Elektromaschine E2 als Generator und eine Elektromaschine E1 als Motor betrieben. Es sind hierzu zum Beispiel die Gänge R und 2 eingelegt. Bei laufendem Verbrennungsmotor VM und drehenden Elektromaschinen E1, E2 werden nun zwei unterschiedlich gerichtete Drehmomente an den Elektromaschinen E1, E2 eingestellt. Die Elektromaschine E1 im Leistungspfad LP1 mit dem Rückwärtsgang R wirkt motorisch. Die Elektromaschine E2 im Leistungspfad LP2 mit dem Gang 2 wirkt generatorisch. Die entstehende elektrische

Leistung wird (abzüglich Verluste bzw. Bordnetzbedarf) der motorisch arbeitenden Elektromaschine E1 wieder zugeführt, so dass die Batterie nicht beteiligt ist. Durch die Richtungsumkehr am Rückwärtsgang R addieren sich die Drehmomente an der Ausgangswelle AW wieder. Solange das Kraftfahrzeug steht, muss der Verbrennungsmotor VM nur die Verlustleistung ausgleichen und bringt dabei nur kleine Momente auf.

In der Figur 12 ist der Leistungsfluß kurz nach dem Anfahren ohne Batteriespeisung dargestellt. Setzt sich das Kraftfahrzeug in Bewegung, so fließt Leistung zur Ausgangswelle AW. Bleibt die Motordrehzahl konstant, erhöhen und vermindern sich die Drehzahlen der beiden Elektromaschinen E1, E2 und damit auch die bei gleicher elektrischer Leistung übertragbaren Momente. Die Leistung des Verbrennungsmotors VM nimmt dann zu, und die zusätzliche Leistung fließt zur Ausgangswelle AW. Im weiteren Verlauf wird der Leistungspfad LP1 völlig momentenfrei, der Rückwärtsgang R wird dann herausgenommen und durch einen Vorwärtsgang (typischerweise 3, aber auch 1 oder 5 möglich) ersetzt. Der Betrieb geht auf den Standardfall für stationären Betrieb über.

Vorteilhaft bei der Gangkombination R und 2 ist insbesondere die Möglichkeit, beim Anfahren sowohl eine erhöhte Bordnetzbelastung als auch einen im Getriebe G kreisenden mechanischen Leistungsfluß zu vermeiden bzw. zumindest zu vermindern.

In der Figur 13 ist der Leistungsfluß bei der Rekuperation von Bremsenergie mit Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors VM dargestellt. Für die Rekuperation werden im einfachsten Fall die Drehmomente am Verbrennungsmotor VM und an der Ausgangswelle AW umgekehrt. Der Abtrieb wird dann gebremst,

der Verbrennungsmotor VM geschleppt. Dadurch vertauschen auch die Elektromaschinen E1, E2 ihre jeweilige Rolle als Motor bzw. Generator. Um einen kreisenden mechanischen Leistungsfluß zu vermeiden bzw. zu vermindern, wird nur die als Generator arbeitende Elektromaschine E2 angesteuert. Die andere Elektromaschine E1 läuft lastfrei mit.

Die Leistung fließt in diesem Betriebszustand von der Ausgangswelle AW zum Verbrennungsmotor VM sowie zur Elektromaschine E2. Der Verbrennungsmotor VM kann also in den Schubetrieb gebracht werden, in dem kein Kraftstoff verbraucht wird. In diesem Betriebszustand lassen sich kleinere Rekuperationsleistungen mit hohem Wirkungsgrad erzielen. Ein Schaltvorgang ist nicht erforderlich, um aus dem normalen Fahrbetrieb in diese Betriebsart zu wechseln. Es ist von Vorteil, zur Vermeidung oder Verminderung von kreisendem mechanischem Leistungsfluß zwischen den beiden Leistungspfaden, insbesondere bei der Rekuperation von Bremsenergie, nur eine Elektromaschine als Generator zu verwenden.

In der Figur 14 ist im Gegensatz zur Figur 13 ein kreisender mechanischer Leistungsfluß zwischen den beiden Leistungspfaden LP1, LP2 bei der Rekuperation von Bremsenergie mit Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors VM gezeigt. Dies tritt bei größeren Rekuperationsleistungen auf. Hierbei wird die andere Elektromaschine E1 als Generator zugeschaltet. Am Abtrieb kann ein höheres Bremsmoment und an beiden Elektromaschinen E1, E2 in Summe mehr Strom erzeugt werden. Dieser Zustand kann ebenfalls direkt aus dem Fahrbetrieb ohne einen zusätzlichen Schaltvorgang erreicht werden. Allerdings hat dies den kreisenden mechanischen Leistungsfluß zur Folge, der in einem schlechteren mechanischen Getriebewirkungsgrad resultiert.

In der Figur 15 ist der Leistungsfluß bei der Rekuperation von Bremsenergie ohne Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors gezeigt. Durch eine geeignete Regelung der Elektromaschinen E1, E2 ist es in diesem Betriebszustand auch möglich, den Schleppbetrieb des Verbrennungsmotors VM ganz zu umgehen. In diesem Fall heben sich die Drehmomente, die von den zwei Leistungspfaden LP1, LP2 auf die Kurbelwelle KW wirken, auf. In diesem Betriebszustand muss der Leerlaufregler des Verbrennungsmotors VM diesen auf seiner Drehzahl halten. Dazu ist der Leerlaufverbrauch bei der jeweiligen Drehzahl aufzubringen. Der Betriebszustand ist daher insbesondere dann sinnvoll, wenn die vom Fahrer angeforderte Bremsleistung am Getriebeausgang nicht ausreicht, die Schleppleistung des Verbrennungsmotors VM bei dessen niedrigster möglicher Betriebsdrehzahl aufzubringen.

In der Figur 16 ist der Leistungsfluß bei der Rekuperation von Bremsenergie ohne kreisenden Leistungsfluß dargestellt. Zur Umgehung des kreisenden Leistungsflusses im Getriebe G können durch einen Schaltvorgang andere Drehzahlverhältnisse eingestellt werden. Der Leistungsfluß kann so anders geleitet werden. Dies wird vorzugsweise dann durchgeführt, wenn längere Rekuperationsphasen erwartet werden, wie zum Beispiel an einer Gefällstrecke. In dieser Situation hat der Schaltvorgang einen besonders großen Nutzen durch die Verbesserung des mechanischen Getriebewirkungsgrades. Gleichzeitig wird durch den Schaltvorgang eine Gangkombination für den normalen Fahrbetrieb bei einer langsameren Geschwindigkeit vorgewählt, die typischerweise nach dem Rekuperationsvorgang auftritt.

Analog zur Rekuperation kann gemäß Figur 17 auch ein Boostbetrieb realisiert werden. Dabei werden sowohl der Verbrennungsmotor VM als auch beide Elektromaschinen E1, E2

für den Antrieb eingesetzt. Die Folge ist allerdings ein kreisender mechanischer Leistungsfluß, der zu einem niedrigeren Getriebewirkungsgrad führt. Dafür wird aber eine hohe zusätzliche Leistung in den Triebstrang eingebracht.

Zur Vermeidung des kreisenden Leistungsflusses kann gemäß Figur 18 auch beim Boostbetrieb eine andere Gangkombination gewählt werden. Der erforderliche Schaltvorgang entspricht dem Herunterschalten, was auch für konventionelle Getriebe bei hoher Leistungsanforderung erforderlich ist. Alternativ ist auch ein Senken der Drehzahl des Verbrennungsmotors VM bei gleichbleibender Fahrzeuggeschwindigkeit möglich. Dies entspricht einer Änderung der Gesamtübersetzung Motor/Getriebeausgang bei gleichbleibenden Gangstufen. Dem steht allerdings die höhere Leistungsanforderung beim Boostbetrieb entgegen.

Zur Verminderung oder Vermeidung von kreisendem Leistungsfluß zwischen den beiden Leistungspfaden LP1, LP2, insbesondere im Boostbetrieb oder bei der Rekuperation von Bremsenergie, kann also die Übersetzungskombination oder die Motordrehzahl verändert, insbesondere gesenkt, oder nur eine Elektromaschine E1, E2 als Generator bzw. Motor verwendet werden.

Zur Erfassung der kreisenden Leistung können die vom Verbrennungsmotor VM und den Elektromaschinen E1, E2 erzeugten Drehmomente sowie Drehzahlen ausgewertet werden. Die Drehmomente können aus dem oder den vorhandenen Steuergeräten des Verbrennungsmotors VM und der Elektromaschinen E1, E2 ermittelt werden. Durch einen Vergleich der Drehmomente mit zum Beispiel in Tabellen vorhandenen Sollwerten kann ermittelt werden, ob mechanische Leistung durch Kreisen zwischen den beiden Leistungspfaden LP1, LP2 verloren geht. Alternativ oder zusätzlich kann das

Vorhandensein eines kreisenden mechanischen Leistungsflusses vorteilhafterweise auch durch Auswertung der Vorzeichen der Drehmomente geprüft werden, da die Vorzeichen auch ein Indikator für kreisenden mechanischen Leistungsfluß sind. Die Größe des kreisenden Leistungsflusses kann unter Einbeziehung der Drehzahlen des Verbrennungsmotors VM und der Elektromaschinen E1, E2 berechnet werden. Ein Schaltvorgang, ein Verändern, insbesondere Senken, der Motordrehzahl oder die Verwendung nur einer Elektromaschine E1, E2 als Generator kann davon abhängig gemacht werden.

### Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines zumindest zeitweise von einem Verbrennungsmotor (VM) und zumindest zeitweise von mindestens einer von zwei Elektromaschinen (E1, E2) angetriebenen Kraftfahrzeugs, das ein Getriebe (G) mit zwei unabhängig voneinander steuerbaren Leistungspfaden (LP1, LP2) aufweist, wobei jeder Leistungspfad (LP1, LP2) über jeweils ein Umlaufgetriebe (P1, P2) mit einer der Elektromaschinen (LP1, LP2) und der Eingangswelle (KW) des Getriebes (G) gekoppelt ist und über schaltbare Übersetzungen (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) mit der Ausgangswelle (AW) des Getriebes (G) koppelbar ist, wobei Leistung gleichzeitig über beide Leistungspfade (LP1, LP2) übertragbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zur Verminderung von kreisendem mechanischem Leistungsfluß zwischen den beiden Leistungspfaden (LP1, LP2), insbesondere im Boostbetrieb oder bei der Rekuperation von Bremsenergie, die Übersetzungskombination (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) oder die Motordrehzahl verändert oder nur eine Elektromaschine (E1, E2) als Generator verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung der kreisenden mechanischen Leistung die vom Verbrennungsmotor (VM) und von den Elektromaschinen (E1, E2)

erzeugten Drehmomente ermittelt und mit vorgegebenen Sollwerten verglichen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung der kreisenden mechanischen Leistung die Vorzeichen der vom Verbrennungsmotor (VM) und von den Elektromaschinen (E1, E2) erzeugten Drehmomente miteinander verglichen werden.

4. Verfahren zum Betrieb eines zumindest zeitweise von einem Verbrennungsmotor (VM) und zumindest zeitweise von mindestens einer von zwei Elektromaschinen (E1, E2) angetriebenen Kraftfahrzeugs, das ein Getriebe (G) mit zwei unabhängig voneinander steuerbaren Leistungspfaden (LP1, LP2) aufweist, wobei jeder Leistungspfad (LP1, LP2) über jeweils ein Umlaufgetriebe (P1, P2) mit einer der Elektromaschinen (LP1, LP2) und der Eingangswelle (KW) des Getriebes (G) gekoppelt ist und über schaltbare Übersetzungen (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) mit der Ausgangswelle (AW) des Getriebes (G) koppelbar ist, wobei Leistung gleichzeitig über beide Leistungspfade (LP1, LP2) übertragbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass zum elektrischen Anfahren und/oder zum Start des Verbrennungsmotors (VM) bei in beiden Leistungspfaden eingelegten Gängen (1, 2, 3, 4, 5, 6, R) abhängig vom Fahrerwunsch, Fahrzeug- und/oder Umgebungszustand das Drehmoment wenigstens einer Elektromaschine (E1, E2) verändert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehmoment einer Elektromaschine (E1, E2) umgekehrt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Drehmoment der einen Elektromaschine (E1, E2) erhöht und



das Drehmoment der andere Elektromaschine (E1, E2) gesenkt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass unmittelbar nach dem elektrischen Anfahren der Verbrennungsmotor (VM) gestartet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit zwei auf den Leistungspfaden (LP1, LP2) angeordneten Vorwärtsgängen (1, 6), die vorzugsweise möglichst weit auseinander liegen und jeweils in unterschiedlichen Leistungspfaden (LP1, LP2) angeordnet sind, elektrisch angefahren oder der Verbrennungsmotor (VM) gestartet wird.

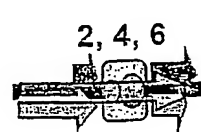
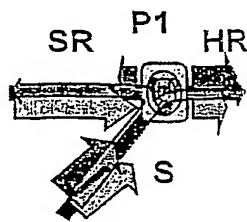
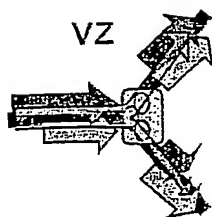
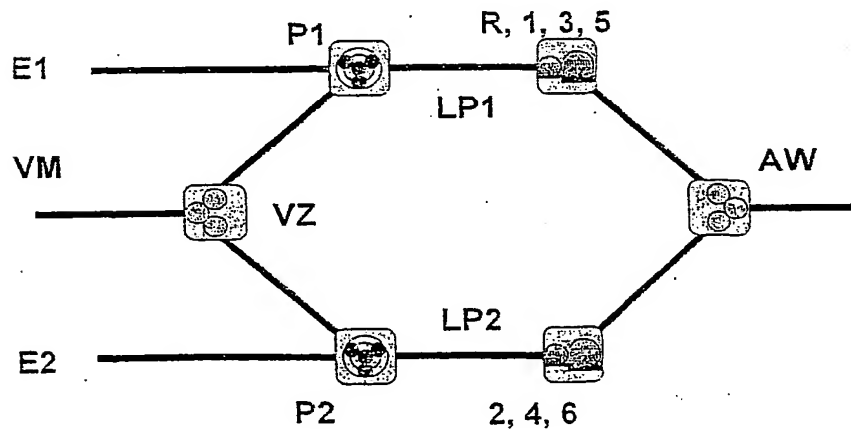
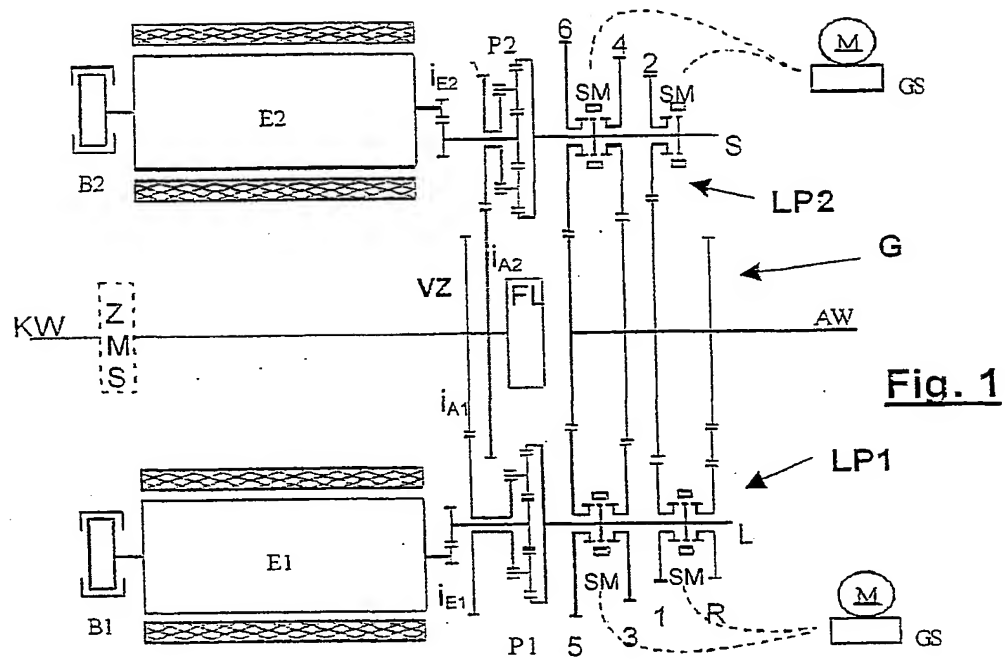
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass beim Anfahren oder Starten des Verbrennungsmotors (VM) der in dem einen Leistungspfad (LP1) angeordnete Rückwärtsgang (R) und der in dem anderen Leistungspfad (LP2) angeordnete niedrigste Gang (2) eingelegt sind.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass beim Anfahren nach dem Start des Verbrennungsmotors (VM) die Elektromaschine (E1) im Leistungspfad (LP1) des Rückwärtsgangs (R) als Generator und die Elektromaschine (E2) im anderen Leistungspfad (L2) als Motor betrieben wird.

11. Getriebe zum Ausführen des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Elektromaschine (E1, E2) als Generator und die andere Elektromaschine (E1, E2) als Motor betrieben wird.

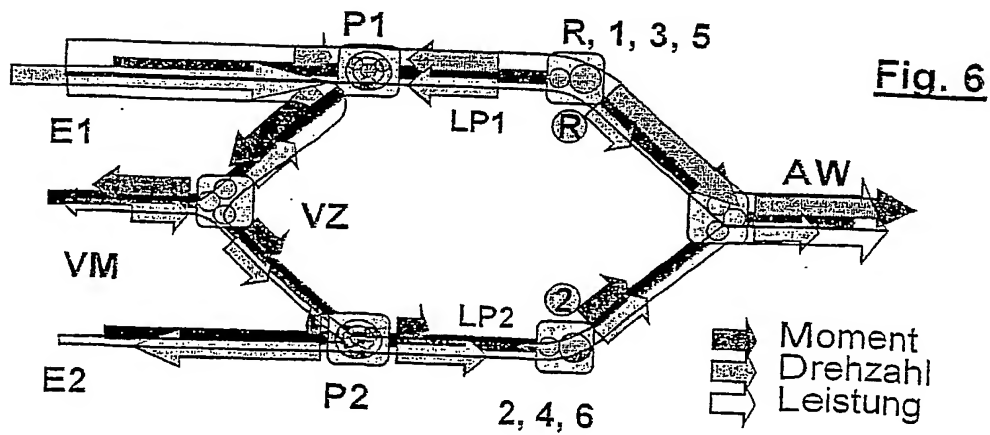
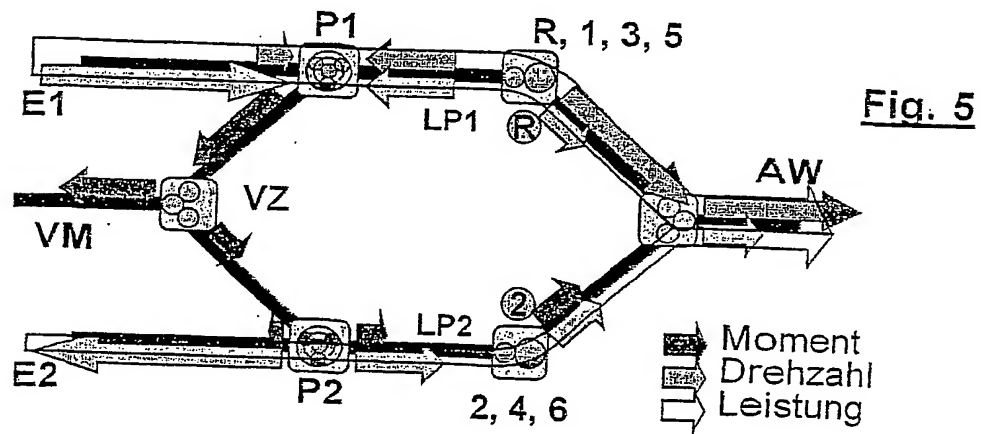
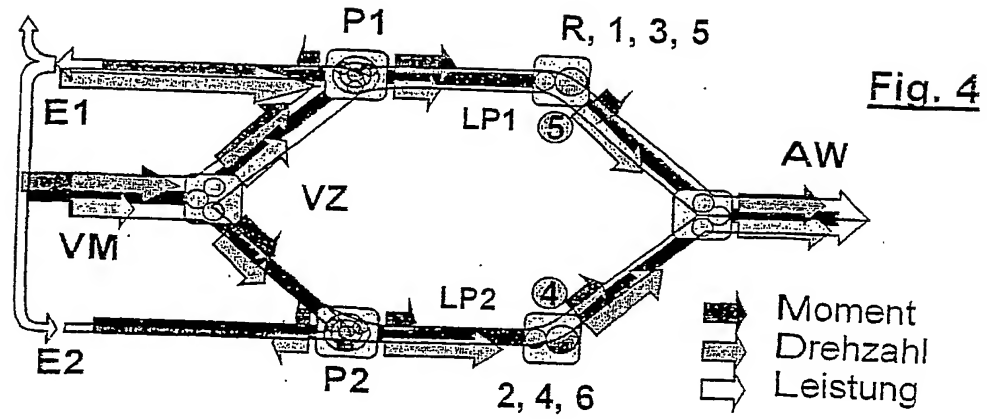
12. Getriebe zum Ausführen der Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag der Übersetzung des Rückwärtsganges (R) gleich dem Betrag der Übersetzung des zweiten Ganges (2) ist, wobei beide Gänge (R, 2) umgekehrte Vorzeichen aufweisen.

1/6

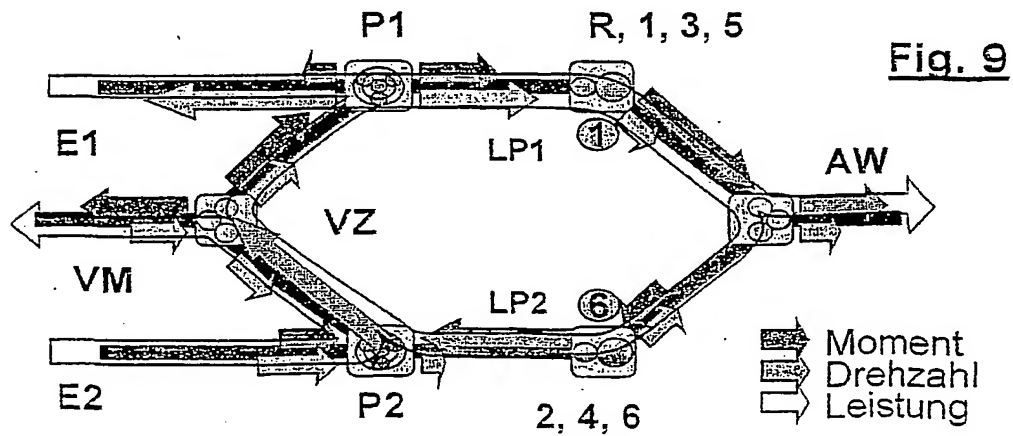
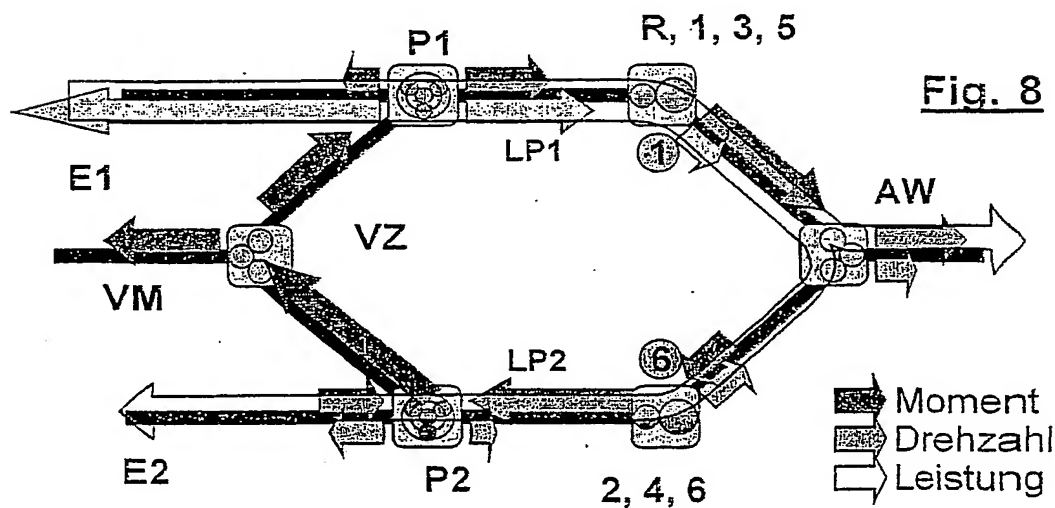
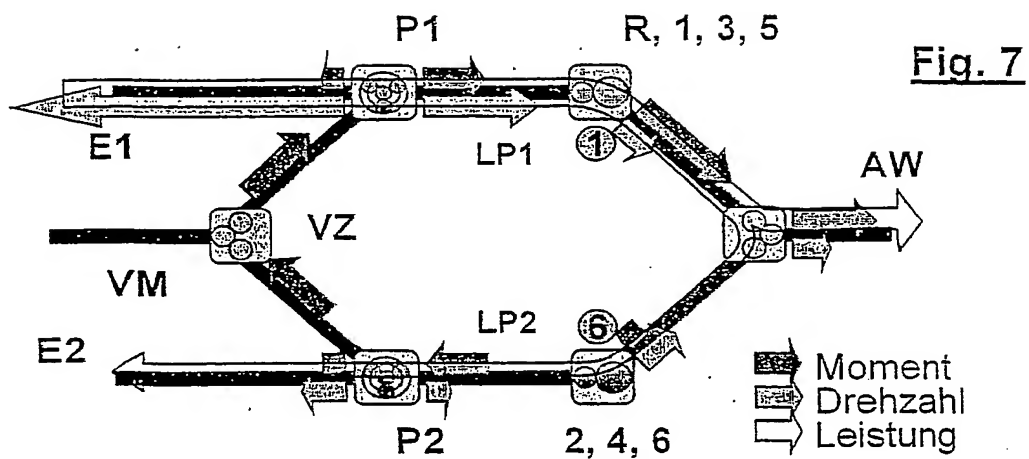


Moment  
Drehzahl  
Leistung

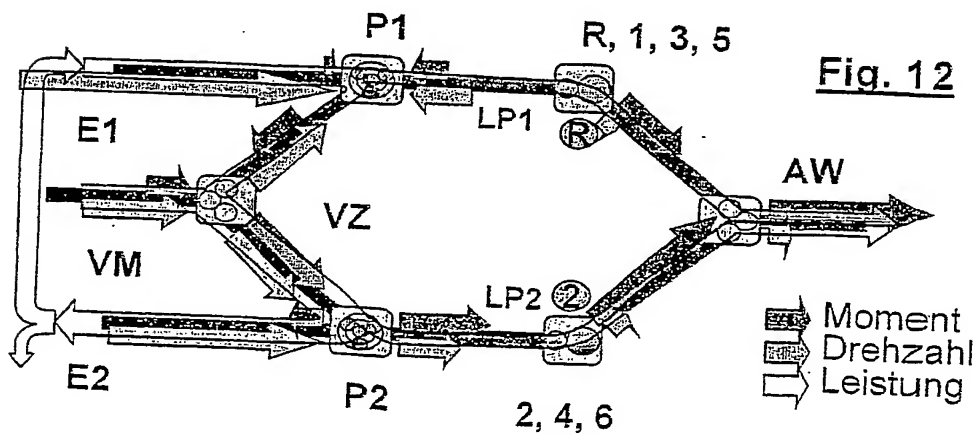
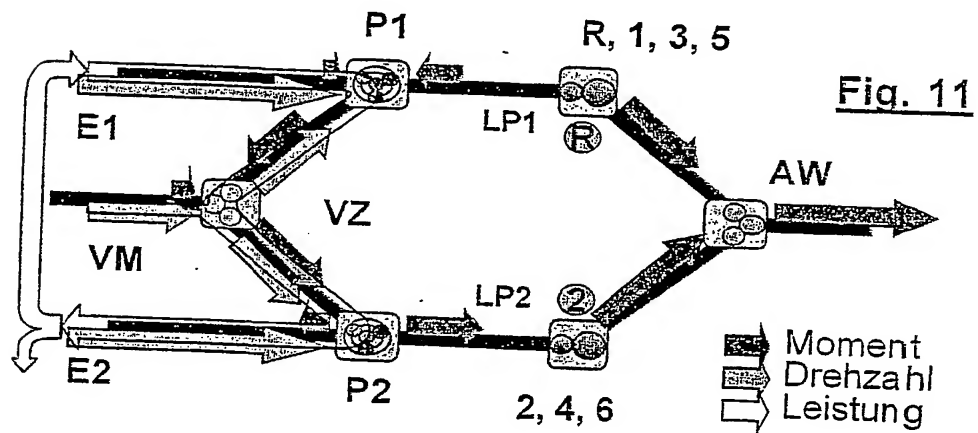
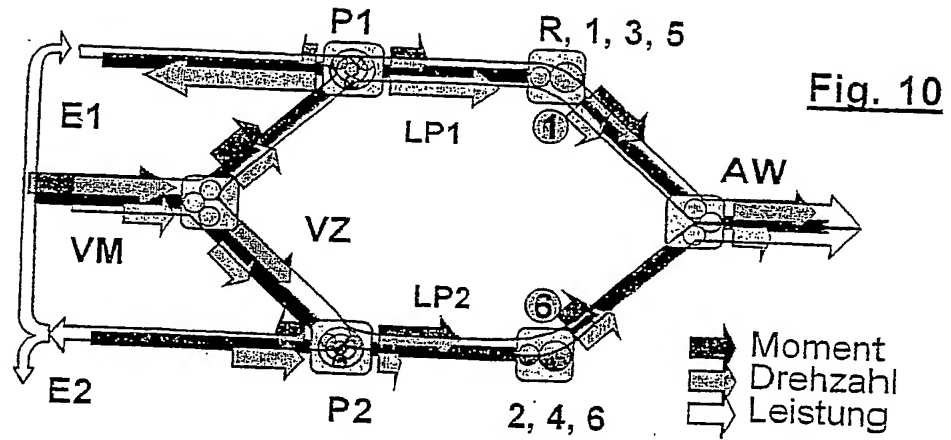
2/6



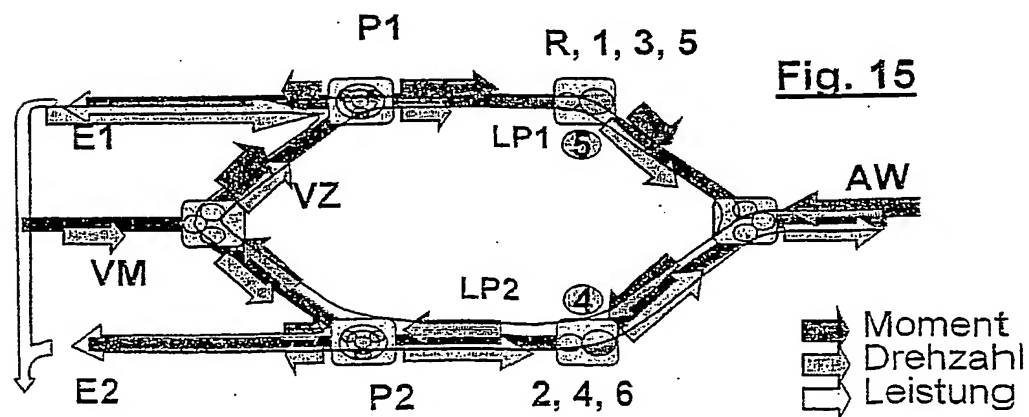
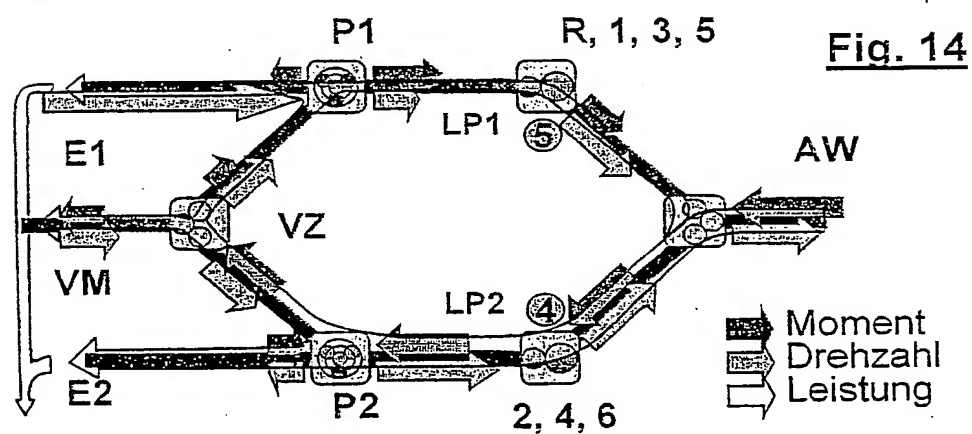
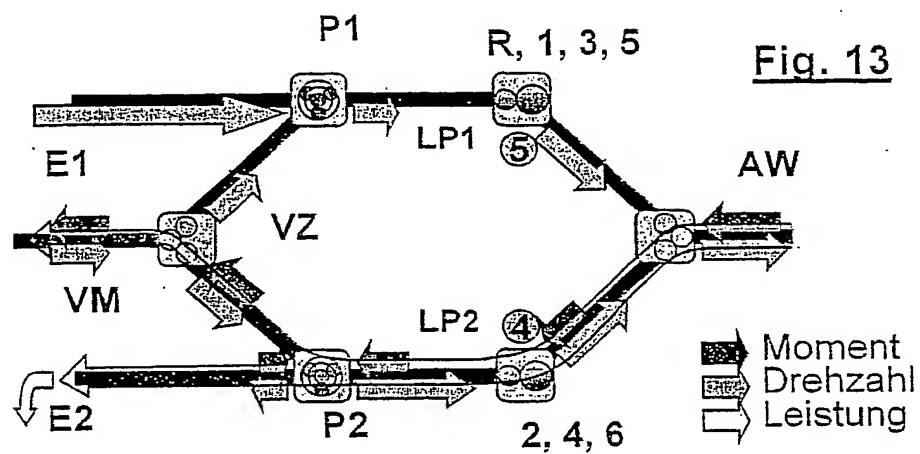
3/6



4/6



5/6



6/6

